



Resource management in wireless communication networks

著者	金 湘龍
内容記述	Thesis (Ph. D. in Engineering)--University of Tsukuba, (A), no. 4621, 2008.3.25 Includes bibliographical references (p. 111-119)
発行年	2008
URL	http://hdl.handle.net/2241/111011

【158】

氏 名 (国籍)	きむさんよん 金 湘 龍 (韓 国)		
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	博 甲 第 4621 号		
学位授与年月日	平成 20 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科		
学 位 論 文 題 目	Resource Management in Wireless Communication Networks (無線通信ネットワークにおける資源管理)		
主 査	筑波大学教授	Ph. D. (Combinatorics and Optimization)	藤 原 良 叔
副 査	筑波大学教授	Ph. D. (Computer Science)	高 木 英 明
副 査	筑波大学教授	工学博士	香 田 正 人
副 査	筑波大学准教授	博士 (工学)	張 勇 兵
副 査	筑波大学准教授	博士 (理学)	繆 瑩

論 文 の 内 容 の 要 旨

無線通信ネットワークにおいて、共有資源の管理は、一定水準のサービス品質 (Quality of Service) を提供するために重要なトラフィック制御機能である。異なるサービス品質を要求する複数クラスの利用者を満足させるためによく使われる方法として、受入れ数の制御と公平な送信スケジューリングがある。

本論文では、(1) セルラー移動体通信ネットワークにおける呼の最適受入れ数制御、(2) 階層型モバイル IP ネットワークにおける移動端末の位置登録数の動的制御、(3) パケット通信ネットワークにおける分散型の公平な送信スケジューリング、という 3 つの資源共有問題を研究している。提案した方法の性能を評価するために理論モデルを作り、数値計算またはシミュレーションによって性能を計算して、既存の他の方法と比較している。

各問題を考える前に、第 1 章において、無線通信ネットワークの資源管理における諸課題についての概論があり、続いて、本論文の背景となるセルラー移動体通信ネットワーク、モバイル IP ネットワーク、公平な送信スケジューリングの問題が紹介されている。その後、本論文で研究される特定の課題が述べられ、関連する先行研究の調査結果が報告されている。

第 2 章において、セルラー通信ネットワークにおける呼の入力数を効果的に制御する新しい方法が提案されている。セル内に発生する新規呼は、通話を開始するために周波数を確保することが必要であるが、通話中にセルの境界を、越えるハンドオフ呼も、新しいセルにおいて周波数を獲得できなければ、通話が中断される。このようなハンドオフ呼の接続失敗は、ユーザにかなりの不快感を起すので、ハンドオフ呼の接続失敗は新規呼の接続失敗よりも望ましくないと仮定し、それぞれの接続失敗の不快感を、異なるコストとしてモデル化する。本章で提案された呼の受入れ数制御方法の新規性は、長期間にわたって生じる単位時間あたり総合平均コストを最小化するために、新規呼の接続を制限することにある。

最適な受入れポリシーは、半マルコフ意思決定過程の数値反復計算法により導かれる。この最適ポリシー

に従ってシステムを運用するときに、各セルに存在する呼の数についての定常状態確率を計算し、それに基づいて、新規呼の損失確率とハンドオフ呼の強制終了確率を評価する。数値計算により、本章の方法は、所与の周波数帯域の使用率と新規呼の損失確率を少しだけ犠牲にすることによってハンドオフ呼の強制終了確率をかなり減少させるものであることが示される。さらに、この方法は、ハンドオフ呼の専用 に一定の周波数帯域を確保しておくというガードチャンネル方式の静的制御法よりも効果的であることが確認される。

第3章では、階層型モバイルIPネットワークにおける移動端末の位置登録数の動的制御を研究している。Internet Engineering Task Force (IETF) により提案された階層型モバイルIPv6ネットワークは、モバイルIPv6の改良案として、移動端末の接続を階層型にすることにより速やかにハンドオフができるようにし、必要とされるシグナルの量を減らすために設計されている。階層型モバイルIPネットワークには端末がローカルに位置登録をするMobility Anchor Point (MAP) が導入される。しかし、MAP領域に存在する端末の数が増えれば増えるほどMAPの資源は枯渇し、新しい接続やハンドオフ接続要求の失敗に繋がる。従って、ネットワークのQoSを保障するために、MAPが受入れる端末数の制御が必要となる。

そこで、移動端末の位置登録のための動的制御方法が提案される。MAP領域に入ってくる端末を、新規に通信を始める端末、通信中でないハンドオフ端末、通信中のハンドオフ端末の3種類に分ける。進行中の通信が途切れることは新規の接続が失敗することより大きい不快感を起こすので、上記3種類の端末の接続失敗にそれぞれ異なるコストが付加される。接続要求の受入れに関する最適ポリシーは、MAP領域に存在する移動端末数についての半マルコフ意思決定過程の数値反復計算法により導かれる。この最適ポリシーに従ってシステムを運用するときに、MAP領域に存在する端末数についての定常状態確率を計算し、それに基づいて、3種の端末の接続失敗確率を計算する。数値計算により、新規端末の接続失敗確率を少しだけ犠牲にすることにより、通信中の端末の強制終了確率が大きく減少することが示される。さらに、この方法は、ハンドオフ端末の専用 に一定の周波数帯域を確保しておくというガードチャンネル方式の静的制御法よりも効果的であることが確認される。

第4章では、優先、無線を問わずパケット通信ネットワークにおいて、公平な送信スケジューリング (fair queueing) を提案して、その有効性をシミュレーションで検証する。Fair queueingとは、複数の通信要求フローを平等に送信するためのスケジューリング規則である。集中管理方式では、全域仮想時間に基づく性能カウンタをすべてのフローに対して計算しなければならないため、計算上の負荷が大きく、インターネットのルータ用に考案された既存のアルゴリズムには、エラー状態から復旧した時の補償メカニズムがないので、通信エラーが発生する確率の高い無線ネットワークには適していない。

本章では、計算が効率的で、有線と無線パケットネットワークに使うことができる分散管理方式のFair queueing アルゴリズムが提案されている。この方法では、各フローにおいて、達成された重み付けスループットのカウンタを管理する。スケジューラは、パケットの送信が終わる度に、単純に一番小さいカウンタ値を持つフローのパケットを次の送信に選ぶ。このとき、任意の2つのフローについてのカウンタ値の差が一定数以下に抑えられることが示されるので、スループットの公平性が保証される。さらに、通信エラーが起こりやすい無線ネットワークで、チャンネルの状態が悪くなかったため失われた送信機会は、チャンネルが回復するとすぐに補償される。また、サービスを受けすぎたフローの送信を抑え、通信エラーがないフローには短期間の公平性を保証し、すべてのフローについて長期間の公平性を達成する。これらの長所がシミュレーションにより検証されている。

第5章において、本研究の結果全般に対する考察と今後の研究課題の展望が示されている。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、無線通信ネットワークにおける共有資源の管理に関する3つの理論モデルを構築し、その有効性を数値計算またはシミュレーションによって検証したものである。現実のシステムに対する理論的アプローチの新規性が評価されるが、十分に広範囲なケースを設定して検証していないので、汎用的有効性の確認が不足している。しかし、2～4章の結果は、既に電子情報通信学会論文誌等に発表されており、博士（工学）の学位論文の水準は満たしていると判断できる。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。